

# 表情認知過程の定性的記述に向けた脳機能における表現プリミティブの検討

## Proposal for Representation Primitives Consisting of Brain Function for Cognitive Processes of Facial Expression

田和辻 可昌<sup>\*1</sup>, 松居 辰則<sup>\*2</sup>

Yoshimasa TAWATSUJI<sup>\*1</sup>, Tatsunori MATSUI<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>早稲田大学 大学院人間科学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Human Sciences, Waseda University

<sup>\*2</sup>早稲田大学 人間科学学術院

<sup>\*2</sup>Faculty of Human Sciences, Waseda University

Email: wats-kkoreverfay@akane.waseda.jp

あらまし：人型エージェントが行う表情動作は、必ずしも人間の表情動作と同じように受け取られるとは限らない。そこで本研究では、まず人間の表情認知過程を表す脳機能モデルを定性的に記述することを試みる。定性的に系の挙動を表すことで、挙動における因果関係が明確になり、人間とエージェントそれぞれによる表情動作に対する認知過程の違いが明確化される。この違いは表情動作の設計を試みる上で重要な指針となることが期待される。

キーワード：人型エージェント、脳機能、定性推論、表現プリミティブ

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

教師の表情は学習者が属するクラスの雰囲気に影響をあたえることが知られている<sup>(1)</sup>。また、人間教師の表情だけでなく、教師エージェントが表出する表情と学習者のパフォーマンスとの関係性について調査した研究<sup>(2)</sup>も見られる。これらの研究から、教師エージェントにポジティブな表情を表出させ、学習クラスの雰囲気あるいは、学習者のパフォーマンスを向上させることが期待される。一方で、人型の教師エージェントに人間と同程度の表情動作を実装するにあたって、「不気味の谷」<sup>(3)</sup>は大きな障壁となる。不気味の谷は動作を伴うエージェントに対してより大きく起こることが示唆されている。言い換えれば、教師エージェントの笑顔表出動作を人間教師の笑顔表出動作に近づければ近づけるほど、表出された笑顔を学習者が不気味に感じる可能性が高くなることが示唆される。以上から、不気味さ形成を回避するために、この感情形成過程を原理的に理解し、説明することが大きな課題となる。

### 1.2 研究目的とモデル化における立場

本研究の目的は、表情認知に伴う不気味さ感情の形成過程を説明する脳機能モデルを構築することである。本稿では特に、このモデル構築にあたって必要となる統一的記述形式の提案と、この記述形式のこれまで構築したモデルへの適用を試みる。

次に、脳機能の定義とその立場の意義について説明する。本研究では、マクロレベルでの機能、具体的には、脳部位を単位として達成されると考えられる機能（想起や分類など）を対象とする。この上で、それら機能がどのような作用機序で働くことで表情認知を達成しうるか、という定性的観点に基づいた

モデル記述を試みる。この立場をとる意義は、実際の生物学的基盤が有する制約条件をある程度捨象して現象を捉えるという点である。ミクロレベルでの機能は、脳全体に係ると考えられる機能に対して陽に計算過程を書き下せても、原理的に解くことが困難であるという決定的な課題を持つ。一方、本立場ではある程度での抽象度での計算プロセスを記述するため、このような計算プロセスの解析不能性を回避することができる。この立場はミクロの機能理解を進める上でも重要である。つまり、マクロの視点で表情認知を実現する計算を機能として捉え、この計算機序を制約条件として、生物学的基盤が有するミクロの機能に対する理解に貢献することができる。

## 2. 不気味さ形成に関する概念モデルと問題

Saygin らは Prediction Error の考えが不気味の谷を理解する上で重要であることを示唆している<sup>(4)</sup>。人間のような外見をもつエージェントは、人の動作を行うであろうと被験者は予測する。しかし、この予想に反してエージェントは機械的な動作を行う。この予測に反するというシグナルを指して、prediction error と呼ぶ。我々はこれまでこの枠組みに沿う、人型エージェントが表出する表情に対する不気味さ形成プロセスを説明する脳機能モデルを提案してきた<sup>(5)</sup>。このモデルでは、人型エージェントの表情動作に対する異常検知過程を、定性微分方程式を用いて表現している。具体的に、人間が表情動作認知を行う場合、まず「感覚器から得られた初期表情筋動作」を小脳へと伝達し、人間の表情動作に関する内部モデルを適用する。この結果、他者の表情動作を予測しながら、実際の表情動作を知覚しているものと考えられる。ところが、人型エージェントでは、この内部モデルを用いた予測に対して、実際の

動作が極めて逸脱しているものと考えられる。したがって、この予測と実際の動作の乖離が Prediction Error として検出されると仮定している。

ところが、これまでのモデルで扱ってきた定性微分方程式は、変数の定性的関係を与えるものの、その計算順序を陽に示さない。そこで、この順序（作用機序）がどのようにして与えられるか、という点について明示的に記述することが望まれる。そこで改めて脳機能を統一的な観点から定義し、この上で、これまでの計算モデルにおける順序性を陽に示す。

### 3. 脳機能の計算順序を示す表現型式

#### 3.1 脳機能を構成する基底機能と表現プリミティブ

表情認知を実現する脳機能を、脳部位における機能の集合とその作用機序として理解することを考える。このとき、各機能をどのように与えるかは重要な課題である。機能は偶発的機能と本来的機能に分けられ、本来的機能はそのシステムが目指す目的に依存して決定される<sup>(6)</sup>。例えば心臓が持つ本来的機能は血液を送り出すことであって、鼓動を生成することは偶発的機能として位置付けられる。脳を一つのシステムとして捉えたとき、ある特定の部分領域があって、それらの本来的機能の集合として一つの目的機能が達成されると言える。そこで、このような脳の部分領域が持つ本来的機能を基底機能と呼び、それらの作用機序によって様々な脳機能が実現されると考える。また、この基底機能がどのような変換を行っているか、に関する意味的記述内容を表現プリミティブと呼ぶ。したがって、基底機能は形式的な集合間の写像関係を、表現プリミティブは基底機能が達成する意味的關係を表現している。

#### 3.2 表情動作に対する異常検知過程の定性的表現

前小節に挙げた枠組みを用いて、これまでのモデルを体系的に説明する。具体的には、「予測された表情動作と知覚された表情動作に対して異常があると反応する」という現象を表現できるか検討する。

この現象を表現すると考えられる基底機能の作用機序を図3に挙げる。まず、予測の経路から述べる。網膜で捉えられた入力は、視床において特定のパターンが切り出される。ここでは、「顔」に関するパターンが出力として得られると考えられる。このパターンに対して、低次視覚野では「分析」によってエッジが出力として得られる。次に、この「分析」と抽出によって得られた「顔」パターンに対し、小脳で次の単位時刻の「予測」された「顔」パターンのエッジの状態が得られる。これは前頭葉に送られ、低次視覚における「分析」の結果を待つと考えられる。一方で、「処理情報抽出」を経て、低次視覚野で「分析」を経た情報は、前頭葉に送られる。ここで、二つの結果の離れ具合が計算され、出力が扁桃体へと送られる。この離れ具合が過去の記憶に関して「連想」される。この結果、「連想」において、

これまで体験したことがない離れ具合のとき、基底機能「定性的強度」から出力が得られる。この強度に応じて「情動反応形成」がなされると考えられる。

表 1. 表情動作認知の基底機能と表現プリミティブ

基底機能	表現プリミティブ
1:処理情報抽出	入力の特定期所のパターンを切り出す
2:連想	入力に対応するエピソードを連想する
3:定性的強度	入力に対応する定性的強度を出力する
4:分析	入力に対応するエッジを抽出する
5:分類	入力に対応するカテゴリを決定する
6:情動反応生成	入力に対応する情動反応を形成する
7:比較	入力（二次元）の離れ具合を出力する
8:予測	入力の次の単位時刻の状態を出力する

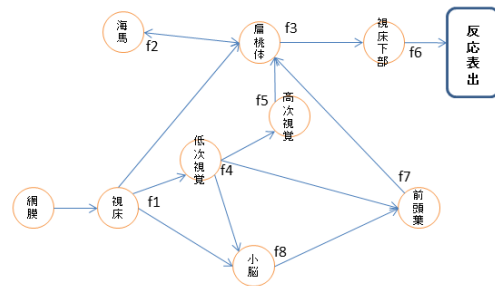


図 3. 表情認知過程における基底機能の作用機序

### 4. まとめと今後の展望

本研究では、人型エージェントの表情動作に対する不気味さ形成過程を説明するための機能モデルの記述形式の枠組みを述べ、この枠組みを表情動作認知へ適用することを試みた。今後は基底機能における入出力となる要素が、どのような属性しかとれないか、に関する条件を吟味する必要がある。さらにこの上で各機能にかかる時間を考慮し、その妥当性を神経科学的知見と照らし合わせる必要がある。

#### 参考文献

- (1) 益子行弘, 齋藤美穂: “教師の表情とクラス雰囲気との関連性の検討”, 日本感性工学会論文誌, 第 11 巻, 3 号, pp.483-490 (2012)
- (2) 林勇吾, 小川均: “Pedagogical Conversational Agent を用いた協同学習の促進: 表情表出に着目した検討”, 電子情報通信学会論文誌, 第 D96 巻, 1 号, pp.70-80 (2013)
- (3) 森政弘: “不気味の谷”, エナジー誌, 第 7 巻, 4 号, pp.33-35 (1970). <http://www.getrobo.com/>, 閲覧日: 2013/2/16.
- (4) Saygin, A.P., Chaminade, T., Ishiguro, H., Drivers, H.J., Frith, C.: “The Thing That Should Not Be: Predictive Coding and the Uncanny Valley in Perceiving Human and Humanoid Robot Actions,” Cognitive and Affective Neurosciences, Vol.7, No.4, pp.413-422 (2012)
- (5) 田和辻可昌, 松居辰則: 大脳小脳の機能に基づいた人型エージェントの表情動作に対する異常検知過程を表す定性微分方程式の構築, 第 30 回人工知能学会全国大会, 2E4-OS-12a-2 (2016)
- (6) Mizoguchi, R. & Kitamura, Y.: “A Functional Ontology of Artifacts,” The Monist, Vol.92, No.3, pp.387-402 (2009)